植物分类学报
第21卷 第1期 ACTA PHYTOTAXONOMICA SINICA 1983年2月

我国人参属数量分类研究初试*

徐克学 李德中
（山西省晋东南地区药品检验所）

长期以来对人参属（*Panax* Linn.）分类系统的认识很不统一。早期有李惠林（Hui-Lin Li），七十年代初有原宽（H. Hara）[7]、何景和曾沧江[4]对该属做过研究，他们奠定了人参属传统分类的基础。1975年云南省植物研究所[1]从植物化学和地理分布方面对该属的分类系统提出新的认识。最近杨涤清[6]又从植物细胞学的角度对该属的起源提出完全不同的观点。人参属的种数虽然不多，但是变异较大，中间过渡类型较多，分类系统的研究比较困难，产生不同观点的争论是很自然的。

以往对该属细胞学和植物化学方面的研究都未能与其它生物学性状进行比较并说明它们相互之间的联系。鉴于以上情况，利用数量分类方法，综合各方面的结果做进一步的分析研究很有必要。

本文以中国人参属为材料，对植物形态做统计学处理，试图寻找新的途径解决植物形态特征的数值表示方法。在大量形态数据的基础上，综合植物化学、细胞学和地理分布等多方面的结果进行数学分析。通过分析显示出人参属各种性状变化的规律性，揭示形态结构与化学成分之间的联系，并对中国人参属的分类系统也做了初步的定量分析，以便为该属植物的药物利用提供依据。

一、研究材料

被研究的人参属植物学名见表1。为了研究工作的方便，学名都暂以文献[1]为准。

表1 中国人参属植物的学名和分布地区

1.人参 *Panax ginseng* C. A. Meyer	我国东北，朝鲜和苏联远东地区
2.西洋参 *P. quinquefolius* Linn.	北美洲东部，我国栽培
3.三七 *P. notoginseng* (Burk.) F. H. Chen	云南省
4.姜状三七 *P. zingiberensis* C. Y. Wu et K. M. Feng	云南省
5.假人参 *P. pseudo-ginseng* Wall.	我国西藏和尼泊尔
6.屏边三七 *P. stipuleanatus* H. T. Tsai et K. M. Feng	云南省
7.竹节参 *P. japonicus* C. A. Meyer var. *japonicus*	我国长江流域和日本
8.狭叶竹节参 var. *angustifolius* (Burk.) Cheng et chu	我国四川、云南和尼泊尔
9.珠子参 var. *major* (Burk.) C. Y. Wu et K. M. Feng	长江以北黄河以南和西藏、云南等省
10.羽叶三七 var. *bipinnatifidus* (Seem). C. Y.Wu et K. M. Feng	同上

研究材料以腊叶标本为主，共观察记录了500多份标本。这些标本分别收藏于中国

* 本文是中国科学院植物研究所和山西省晋东南地区药品检验所协作的研究课题。植物研究所汤彦承同志曾给以指导，刘亮、李沛琼和陈家瑞等同志曾给以帮助，并提出宝贵意见。在此深表感谢。

科学院植物研究所等单位，少数性状参考文献的记载。化学性状取用了植物皂甙元中已知三萜类成分的组成，即人参二醇、人参三醇和齐墩果酸的组成。化学分析结果来自文献[1]。细胞学的性状取用了细胞染色体数，来自文献[6,8]。其它绝大多数性状通过对标本的观察研究直接获得。在大量观察记录的标本中，以统计学的方法度量了200多张标本。

二、植物形态性状的数值表示

人参属植物的形态结构比较复杂、不同地理位置和生态条件下变异较大，数值性状的建立比较困难。我们采取了统计学、几何学和各种度量的手段解决这个问题。进行这项工作的基本原则如下：

1. 性状的选取可根据传统分类的经验，并结合植物标本的观察和比较，既要选择稳定的具有研究意义的性状，也要兼顾到实际工作的方便和可能性。

2. 对每个性状的度量，要求来自许多标本可能提供的各个部分，获得尽可能多的度量记录，最后取平均值或加权平均值作为原始数据参加分析运算。

3. 从观察和度量直接取得的有些性状不很合适，还需要根据这些性状变化的特点，经过一定的数学运算(如取两个性状数据的比值)，使之更具有分析研究的意义。在此，我们

表 2　人参属 52 个性状(详见附录中的说明)

1	根状茎节距	27	侧生小叶宽
2	根状茎节距标准差	28	侧生小叶长
3	根状茎节宽	29	侧生小叶长:宽
4	根状茎节宽标准差	30	侧生小叶横向不对称系数
5	根状茎节间宽	31	侧生小叶纵向不对称系数
6	根状茎节宽:节间宽	32	叶缘具重锯齿
7	具有纺锤状肉质根	33	叶缘 10 齿宽
8	具有圆锥状肉质根	34	叶缘齿高
9	具有肉质侧生根	35	叶分裂深度
10	具有肉质瘤状根	36	叶上面毛密度
11	株长	37	叶下面毛密度
12	叶柄长	38	花序分支个数
13	花序梗长:叶柄长	39	花柄长
14	中央小叶叶柄长	40	伞形花序花朵数
15	次中央小叶叶柄长	41	柱头数
16	侧生小叶叶柄长	42	花柱合生
17	小叶数	43	成熟果具黑点
18	叶具托叶状附属物	44	种子长
19	中央小叶叶基夹角	45	种子宽
20	中央小叶宽	46	种子厚
21	中央小叶宽:上部宽	47	种子长:厚
22	中央小叶下部宽:上部宽	48	分布海拔高
23	中央小叶尾尖长	49	细胞染色体数
24	中央小叶长	50	人参二醇含量
25	中央小叶长:宽	51	人参三醇含量
26	中央小叶下部长	52	齐墩果酸含量

引进两个概念：能够从植物的度量和观察直接取得的性状称之为基本性状。从基本性状经过计算(平均值计算除外)或其它数学手段间接获得的性状称为导出性状。

性状的选定经过了初选、试算、修改、再筛选……如此反复的过程，最后确定了52个性状见表2。

三、数学分析方法

我们采用了聚类分析（Cluster analysis）和主成分分析（Principal component analysis）两种多元统计数学方法。以中国人参属的10个种或变种(见表1)为分类单位（OTU'S），取用52个性状(见表2)。原始数据得到以后,先进行标准化（Standardization），然后分别计算距离系数（Distance coefficients）和相关系数（Correlation coefficients)。在相关系数矩阵上进行聚类运算得到人参属分类单位之间的Q分析结果，见图3中的树系图（Dendrogram)；在距离系数矩阵上施行聚类运算，得到人参属各性状之间的R分析结果,见图2。聚类运算方法都采用效果较好的UPGMA（Unweighted pairgroup method using arithmetic averages)。

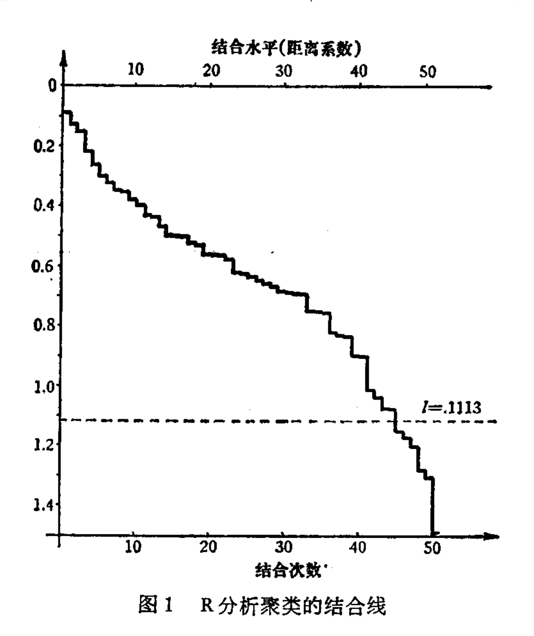


图1　R分析聚类的结合线

R分析(图2)中被分类的性状数量太多,为了便于分析研究,需要确定一条分类等级的划分界线。为此，以类群逐次归并的次序为横坐标，每次归并的结合水平为纵坐标，将聚类的结合过程画出一条阶梯状的折线，称为聚类的结合线(见图1)。从结合折线可以看出,开始几次结合,类群的结合水平出现过一次飞跃，以后许多类群迅速结合,到第33次结合以后又出现几次不同程度的飞跃。结合水平的飞跃把类群的结合区分为不同的等级，如果取第6次飞跃，将飞跃前后结合水平的中间值 $[1 = (1.073 + 1.152)/2 = 1.113]$ 定为分类等级的划分值,根据划分值,在树系图上作出等级划分界线(图2中的虚线)。该线将全部性状分为7个组，这样的分组便于我们进行分析和讨论。

主成分分析运算从标准化原始数据开始，先计算矩阵的乘积 $R = X'X$ (X 表示标准化的原始数值矩阵，X′表示矩阵X的转置)。再求出矩阵R的特征值和特征向量,将特征值从大到小依次排队，相应于最大的前几个特征值的特征向量就是我们所需要的主成分向量。

从原始数据开始,全部计算工作以 ALGOL 语言编写程序,在国产 TQ-16 型电子计算机上计算。

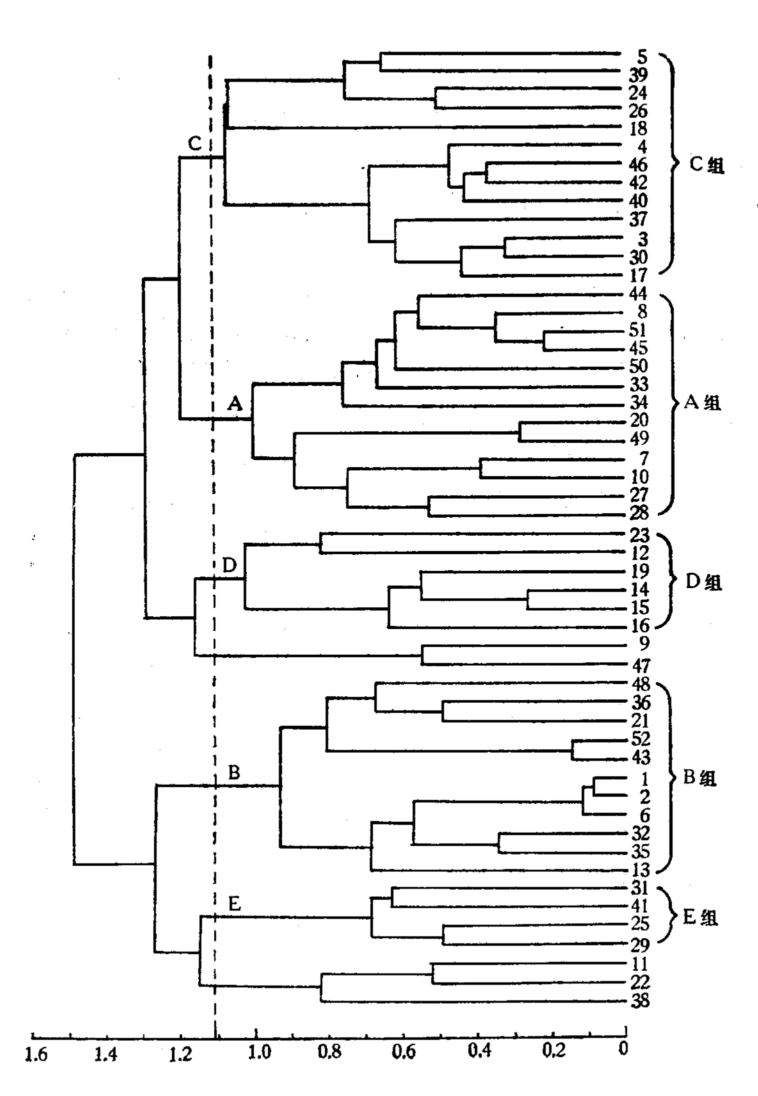


图 2　人参属 R 分析树系图　距离系数 UPGMA（数字代表的性状见表 2）

四、分析与讨论

对人参属各种性状之间的关系进行综合分析是本文的一个主要目的。因此，先从 R 分析展开讨论。

R 分析的结果（见图 2)中，选取适当的等级划分界线，把全部性状分为 7 个组。撇掉少数性状不计，实际上只有 A，B，C，D 和 E 五个组。A 组包括化学成分中人参二醇含量和人参三醇含量两个性状，这二个成分是人参皂甙中达马烷型四环三萜皂甙的二个水解产物，达马烷型四环三萜皂甙是我们十分关注的药用有效成分，对 A 组的分析结果表明，它的含量与根、种子和叶的锯齿有较密切的相关性。种子大，肉质根较肥壮，叶的锯齿较稀疏，达马烷型四环三萜皂甙含量就高。以达马烷型四环三萜皂甙为主要成分的三种植物，人参、西洋参和三七都具有粗壮的肉质根，种子较大，与分析的结论十分一致。种子

和根明显的外部形态与化学成分之间的联系容易被人们所认识;至于叶边缘的锯齿,这个微细的性状往往被疏忽,它与达马烷型四环三萜皂甙含量之间的联系,通过这次定量分析才被发现。查看相关系数矩阵,叶边缘10齿宽度与人参二醇和人参三醇含量的相关系数分别是0.731和0.790,与人参三醇含量的相关系数已接近0.8,具有一定程度的相关性。这些分析结果揭示了植物内在的药用有效成分与外部的形态结构之间的联系,为人参属植物的药用提供形态学方面的依据。

A组内的另一个重要性状是细胞染色体数,它的原始数据不完全,从仅有的数据资料分析看,它与根和叶的部分性状有关,特别是与小叶的宽度关系较为密切。

B组性状包括根状茎、叶、果和化学成分的齐墩果酸含量等性状。一眼看出齐墩果酸的含量与成熟果具有黑色斑点这一性状十分一致,与B组内其它性状也有一定的联系。组内三个密切结合在一起的根状茎性状,即根状茎节距、根状茎节距标准差和根状茎节宽:节间宽,它们的值愈大,表明具有长而不均匀的串珠状地下根状茎。这三个根状茎性状连同果具黑色斑点和齐墩果酸含量加在一起,构成B组的五个主要性状。

B组性状在主成分分析的第一主成分分量中都呈现较大的正值,A组性状都呈现较突出的负值。因此第一主成分是由A和B两组相互对立的性状而构成。它说明人参属表现性状的变异向两个极端方向分化。两个方向分别以A和B两组性状所代表。

A组所代表的变异方向是具有发达的肉质根、种子较宽大、叶缘锯齿稀疏,植物化学成分中人参皂甙以达马烷型四环三萜为主(见A组内的特性组成)。B组的变异方向是地下根状茎呈长而不均匀的串珠状、叶裂较深,花序梗远较叶柄长,成熟果具黑点、化学成分中人参皂甙以齐墩果烷型五环三萜为主等等,并且这种变异多分布于高海拔地理环境(见B组内性状的组成)。由于第一主成分的贡献率较大(32.48%),向以A和B两组性状所代表的方向分化是整个人参属变异的主要倾向。

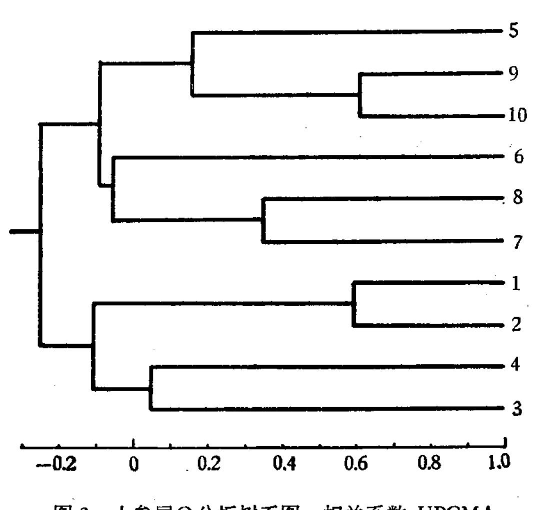


图3 人参属Q分析树系图 相关系数 UPGMA
(数字代表的种名见表1)

C组和D组性状。C组特性包括叶、根状茎和花等形态性状,说明根状茎的节宽,种子厚,花柱的合生,伞形花序花朵数,侧生小叶横向不对称性以及叶的其它性状都有不同程度的联系。D组性状显示了较短的叶柄和小叶柄常常伴随着小叶的叶基部狭窄,这个相关性是掌状复叶普遍具有的规律,在人参属中也得到反映。E组中4个性状说明较狭而长的叶常常与较多的花柱数和子房室数联系在一起,并且侧生小叶倾向于长度方面的不对称性。

C组性状在第二主成分分量中多以正值出现,E组和D组性状在第三主成分分量中以明显的负值出现。这些结果说明人参属中部分性状又向着以C、D和E组为代表的方向分化。由于这两个主成分的贡献率(19.38%,16.33%)远比第一主成分的贡献率为小,

这些变异的方向不是主流。

Q分析的结果见图3。图中人参（*P. ginseng*）和西洋参（*P. quinquefolius*），珠子参（*P. japonicus* var. *major*）和羽叶三七（*P. japonicus* var. *bipinnatifidus*）各是一对十分相近的种和变种。在此基础上类群的归并聚合成两大类。这两大类的区分相应于R分析性状向两个方向分化是完全一致的。与A组性状相对应的类群除人参和西洋参外，还有三七（*P. notoginseng*）和姜状三七（*P. zingiberensis*），这是具有重要药用价值的一个类群。与B组性状相对应的另一个类群，除珠子参和羽叶三七外还包括假人参（*P. pseudo-ginseng*）、屏边三七（*P. stipuleanatus*）、竹节参（*P. japonicus*）和狭叶竹节参（*P. japonicus* var. *angustifolius*）。

上面的分析结果，与关于人参属植物划分为两大类的认识[3]基本上相符合。但是细节部分差距较大。图3表明，竹节参（*P. japonicus*）与其变种之间的关系远较人参（*P. ginseng*）与西洋参（*P. quinquefolius*）之间的关系疏远。而人参与西洋参却是两个地理分布完全隔离的独立种。树系图又显示出竹节参的二个变种珠子参（var. *major*）和羽叶三七（var. *bipinnatifidus*）紧密结合，它们与假人参（*P. pseudo-ginseng*）的关系更近于竹节参。这些结果说明，传统分类对人参属分类系统的认识至今很不完善。特别是竹节参以及竹节参名下的诸变种，这个变异较大的类群将它们都看作竹节参的变种，或者将它们都归属于假人参的变种，这样笼统地处理有着许多不尽合理之处。关于这个问题，对分布于我国西南地区至黄河以南和长江流域的广大地区的这些类型，连同喜马拉雅地区的假人参（*P. pseudo-ginseng*）和日本的竹节参（*P. japonicus*），如何进行物种分化，是值得深入研究的一个生物学课题。

对人参属的分类系统，现在已经形成不同的观点的争论。本文在这方面的工作是初步的。图3给出的隶属关系只是对人参属分类系统的初步考虑，这方面还需要进一步探讨。

人参属作为药用植物，中药的性味和功能多种多样。分类系统的研究有助于认识植物的药用意义。从图3所显示的结果看，人参与西洋参相近，药用效果也应该比较相同。实际上，根据药典的记载[2]，人参入药味甘，微苦，性温；西洋参味甘、微苦，性凉[3]。西洋参常被当作人参的代用品，二者都是滋补强壮药。三七与人参、西洋参的植物分类关系也比较近，但又有所疏远。与之相应地，三七入药性味与人参有相同之处，但是药用的功能主要在散瘀，止血，消肿，定痛，药用有别于人参和西洋参。姜状三七作为民间草药是三七的代用品。综上所述，人参属许多植物的药用意义与图3的分类关系十分吻合。树系图中与B组性状相对应的另一类群人参属植物，除珠子参和竹节参已被收载于新版药典外，多是民间中草药，药用功效种种，比较混乱。是否应该根据临床治疗经验，并参考分类系统做进一步的整理。

对植物形态性状的数值表示是我们研究工作的另一个方面。在这次分析中共取用了47个形态性状。除4个二元性状外，其余都是以连续数值表示。这些数值性状一部分吸取了传统分类的经验，加以精确地度量而取得；另一部分没有拘泥于分类的传统习惯而新建立的。新确立的性状已成功地投入分类运算，正确地反映出人参属在性状变异上的规律性。

附录：形态性状度量的说明

1．度量

度量使用直尺、分规、游标卡尺(或千分尺)及量角板，度量结果记录到二位以上有效数字。

2．根状茎

根状茎的度量见图4。人参属植物地下根状茎在地上茎的着生处增粗形成茎节。茎节最宽横截面的最大直径取作**根状茎节宽**。两相邻茎节之间最窄横截面的最小直径取作**根状茎节间宽**。人参属植物的生长，每年地上部分枯死以后，茎的着生处留下一个明显的茎残基。两相邻茎残基中心之间的长度取作**根状茎节距**。为了实际度量方便也可取两相邻茎残基对应边界线之间的长度。

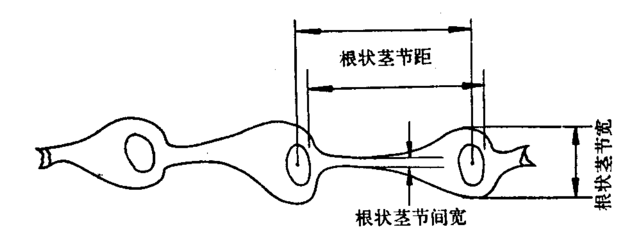


图 4

根状茎的节宽与在先的相邻节间宽之比算作**根状茎节宽:节间宽**。

取根状茎节宽的多次测量数据 x_i(n 次；$i = 1, 2, \cdots, n$)，按标准差的公式计算，得**根状茎节宽标准差**：

$$s = \left[\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2\right]^{\frac{1}{2}}，其中\ \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i。$$

取根状茎节距的多次测量数据，按前述相同的公式进行计算，得**根状茎节距标准差**。

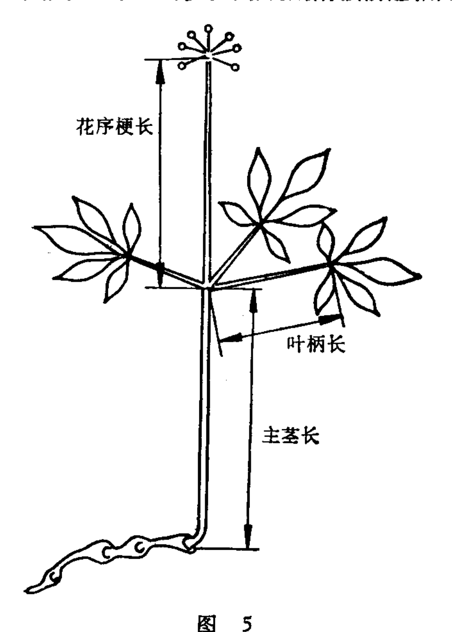


图 5

3．茎、花序和叶柄长

取已充分成长正在花期或花期以后的植株进行度量，见图5。

从茎在地下根状茎的着生处量到叶柄的着生处取作**主茎长**。从花序和叶柄的丛生处到花柄的丛生处取作**花序梗长**。花序梗主轴上侧生的小伞花序和单花的总个数定为**花序分支个数**。从叶柄在茎上的着生处到小叶柄的着生处取作**叶柄长**。花序梗长与该植株叶柄长平均值之比算作**花序梗长:叶柄长**。花序梗长与主茎长之和算作**株长**。

4 小叶

奇数掌状复叶的中间小叶或偶数掌状复叶中间的两片小叶称为**中央小叶**；中央小叶侧面紧相邻的一片小叶称为**次中央小叶**；最外侧的两片小叶为**侧生小叶**。

小叶的度量比较复杂，可用拷贝纸蒙在标本上，描下叶的轮廓，然后进行纸上作图(图6)。

沿小叶的中脉确定一条中脉轴线，中脉轴线将叶分为左右两半。先在小叶的一半沿叶的边缘找到距中脉轴线最远点 P，量出 P 点到中脉的距离 PQ，同样的方法在小叶的另一半量得 $P'Q'$，PQ 与 $P'Q'$ 长度之和 b 定作**小叶宽**。再沿中脉轴线在小叶的两端各取 M 和 N 两点，使过 M 和 N 两点垂直于中脉的截线，截取叶片的长

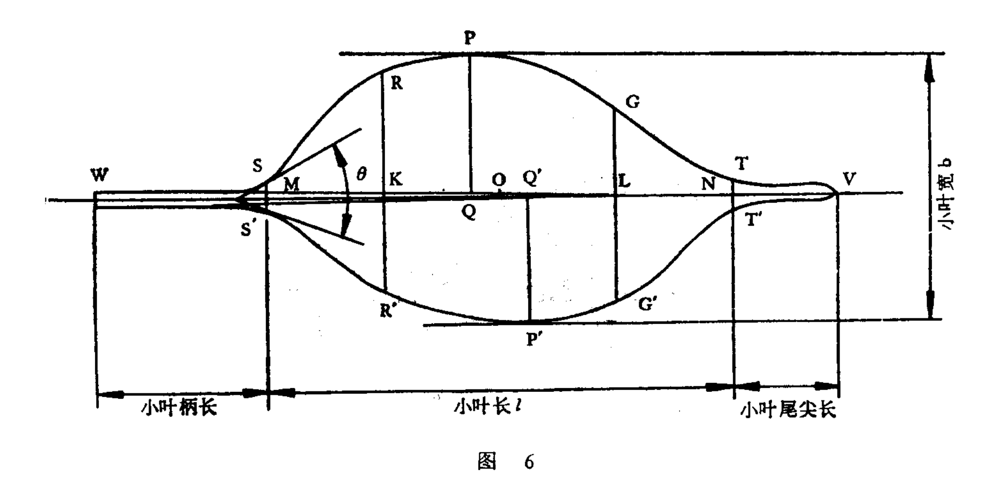


图　6

度正好是叶宽 b 的十分之一。长度 $l=MN$ 取作**小叶长**；从小叶柄的着生处 W 到 M 点的长度定作**小叶柄长**；从 N 点到叶顶最尖端 V 点长定作**小叶尾尖长**。作 QQ' 的中点 O，线段 OM 长度取作**小叶下部长**；长度 ON 取作**小叶上部长**。在中脉轴线上取 OM 的中点 K，过 K 点作中脉的垂线截取叶片 RR'，长度 RR' 定作**小叶下部宽**；在中脉轴线上取 ON 的中点 L，过 L 点作中脉的垂线截取叶片 GG'，长度 GG' 定作**小叶上部宽**。过 S 和 S' 两点分别作叶边缘线的切线，两切线的夹角 θ 定作**小叶基夹角**。

最后定义两个叶的导出性状：

$$小叶横向不对称系数=\frac{|PQ-P'Q'|}{b};$$

$$小叶纵向不对称系数=\frac{QQ'}{l}。$$

小叶的其它导出性状见表 2。

当小叶出现较深的重锯齿或裂片时，将锯齿或裂片的最顶端一一连接起来，作为叶的边缘线，再进行小叶的度量。

5．叶缘、叶上附属物

这些性状规定都取中央小叶或次中央小叶进行度量。

在小叶最宽处附近，量 10 个锯齿之间的长度定为**叶缘 10 齿宽**；再量这些锯齿的高定为**叶缘齿高**。如果出现重锯齿，取重锯齿上的小锯齿度量。

叶片分裂深度的度量在小叶最宽偏上的位置取一裂片进行。先从裂片顶端作中脉的垂线，在垂线上量取裂槽的宽度，再量该垂线的长度，两度量值之比定为**叶分裂深度**。如果叶不分裂，取叶缘齿高与小叶宽之比作为叶分裂深度。

叶脉上每 10 毫米长的刺毛数，在叶的中脉和侧脉不同部位计数，然后取平均值定为**毛密度**。叶上面和下面的度量方法相同。

6．花、果和种子

花、果和种子的度量以及伞形花序花朵的计数都以花序总梗顶端上的伞形花序为准，侧生的花序或单花不计。

选已开的花或果，从花柄（或果柄）在花序的着生点到花（或果）在花柄的着生点之间的长度，定为**花柄长**。

种子的度量以种子在果中的位置所确定的三个垂直方向进行度量，见图 7。在人参属，不论二心皮或多心皮所形成的果实，果柄延长的方向都有一个中轴。沿中轴方向，种子两端长度定为**种子长**；沿中

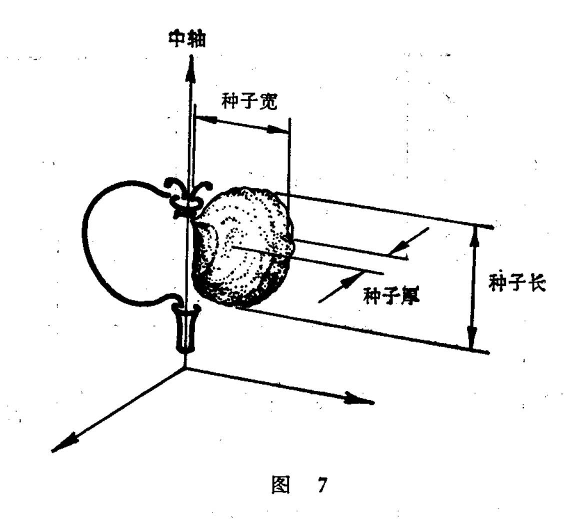


图 7

轴辐射的方向，种子两端的长度定为**种子宽**；与前两个方向垂直的方向，量得种子两端的距离定为**种子厚**。

参 考 文 献

[1] 云南省植物研究所，1975：人参属植物的三萜成分和分类系统，地理分布的关系，植物分类学报，**13**(2)：29。
[2] 中华人民共和国卫生部药典委员会，1977：中华人民共和国药典（1977年版一部），5—6，18—19。
[3] 江苏新医学院编，1977：中药大辞典，850页。
[4] 何景、曾沧江，1973：中国人参属植物的订正，植物分类学报，**11**(4)：431。
[5] 何景、曾沧江，1978：中国植物志，五十四卷，179。
[6] 杨涤清，1981：几种人参属植物的细胞分类学研究，植物分类学报，**19**(3)：298。
[7] Hara H., 1970: On the Asiatic species of the genus Panax. *J. Jap. Bot.* **45**(7): 197—212.
[8] Kurosawa S., 1971: Cytological studies on some eastern Himalayan plants and their related species. The flora of eastern Himalaya, second report, H. Hara ed. 355—364.
[9] Sneath P. H. A. and R. R. Sokal, 1973: Numerical taxonomy.

A PRELIMINARY RESEARCH ON THE NUMERICAL CLASSIFICATION OF THE GENUS PANAX FROM CHINA

XU KE-XUE　　LI DE-ZHONG

(Laboratory fir the Control of Drugs in Jindongnan Locality Shanxi Province)

Abstract

In this paper, 10 species and varieties of the genus *Panax* from China were studied by means of numerical taxonomic methods. At first, the geometric approaches and statistical treatments were used and some new characters induced by the fundamental characters were defined for the numerical representation of the morphological characters of plants. Consequently, forty-seven morphological, three chemical, one geographical and one cytological characters were adopted. The principal component analysis and the similarity coefficients were computed on the standardized data. Based upon the correlation matrix and the distance matrix respectively, the Q and R cluster analyses were carried out, and UPGMA was used in both Q and R cluster analyses.

According to the R cluster analysis, all characters are mainly divided into 5 sets: A, B, C, D and E (Fig. 2). The tree-like diagram illustrates that chemical constituents of triterpenoids and the chromosome numbers are related to some morphological characters, such as the roots, the rhizomes, the seeds and the leaves. It is of interest to note that the thicker the fleshy roots, the larger the seeds and the wider the teeth of leaflet, the higher the content of the tetracyclic triterpenoids of dammarane type it contains. On the other hand, the Q cluster analysis showed that *Panax* as a whole may be divided into two groups (Fig. 3). The first group includes *P. ginseng, P. quinquefolius, P. notoginseng* and *P. zingiberensis* and the second group includes *P. stipuleanatus, P. pseudo-ginseng, P. japonicus* var. *japonicus, P. japonicus* var. *angustifolius, P. japonicus* var. *major* and *P. japonicus* var. *bipinnatifidus*. The results of the computation of principal component analysis indicate that the first principal component consistes of the characters occurring in the sets A and B. It shows that the variation in *Panax* has two opposite directions. One of them, corresponding to the set A, is represented by the first group, and the other, corresponding to the set B, is by the second group.

Finally, some questions about the use of the genus in medicine were discussed.